

DESEMPENHO DOS MODELOS CLIMÁTICOS DO IPCC EM SIMULAR A PRECIPITAÇÃO PRESENTE E FUTURA SOBRE O TERRITÓRIO BRASILEIRO

María Cleofé Valverde Ramírez¹ e José Antonio Marengo Orsini¹

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho dos modelos do IPCC em simular o padrão climático presente e futuro da chuva sobre o Brasil. De uma forma geral, os modelos conseguem reproduzir a fase do ciclo anual climatológico da chuva (período seco e chuvoso). O comportamento futuro para cenários com alta concentração de CO₂ é extremo, o modelo do Geophysical Fluid Dynamic Laboratory (GFDL) prevê um aumento da chuva sobre o Nordeste, acima do 152% de seu valor climatológico, até o final dos próximos 100 anos. Já o modelo do Hadley Center (HAD) reduz a chuva em 64%. O experimento com baixo CO₂ reduz a superestimativa do GFDL no Nordeste (72,9%) e o HAD subestima mais sobre a Amazônia.

ABSTRACT

This paper analyses the performance of the IPCC models in simulate the present and future climate pattern of the rain over Brazil. In general the models get to reproduce the phase of the annual cycle of the rain (dry and rainy period). The future behavior for sceneries with high concentration of CO₂ is extreme. GFDL model shows a maximum of rains, above 152% of climatological value until the end of the next 100 years. The Hadley Center model (HAD) reduces the rain, below the 64%. The experiments with low CO₂ show a decrease in the overestimates of GFDL (72,9%) over Northeast and an increase in the underestimates of HAD over Amazonia.

Palavras-Chave: Modelos do IPCC, Cenários Climáticos, Padrão de Chuva.

INTRODUÇÃO

O Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC) criado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) tem como finalidade fornecer informação científica sobre as mudanças climáticas que já aconteceram e podem vir a acontecer no mundo. Para isto, o IPCC trabalha em conjunto com os grandes centros operacionais do mundo e através do uso de modelos globais acoplados (oceano-atmosfera), podem inferir sobre um futuro comportamento do clima e alertar para que decisões sejam tomadas a fim de mitigar possíveis danos. Atualmente o Brasil através de

¹ Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista, 12630-000, São Paulo. E-mails: valverde@cptec.inpe.br, marengo@cptec.inpe.br.

diversos projetos sobre mudanças climáticas se junta a estas pesquisas, uma vez que, o clima do território brasileiro também vem sofrendo mudanças climáticas. Secas severas, enchentes, ciclones como o Catarina são exemplos reais que servem de advertência ao que pode surgir ainda no futuro.

Nesse contexto, e tendo como base os modelos do IPCC o objetivo deste estudo é avaliar a capacidade destes modelos em simular o padrão de chuva presente e futuro sobre o Brasil, através dos vários cenários que os modelos nos proporcionam, de modo a fornecer informação científica e técnica para toma de decisões. Para o cumprimento deste objetivo, analisaram-se os projetos Climate of the 20th Century (20c3m) e o Special Report on Emissions Scenarios (SRES).

DADOS E METODOLOGIA

Dados

Precipitação mensal dos modelos dos experimentos do IPCC: csiro_mk3 (CSIRO), gfdl_1 (GFDL), miroc_hires (MIROC), ukmo_hadcm (HAD), cssnier (CSSRN) e cccma (CCCMA) (<https://esg.llnl.gov:8443/metadata/browse>). Precipitação mensal do Climatic Research Unit (CRU) do período de 1961–1990 (Hulme, 1992). Climatologia mensal da chuva sobre o Brasil.

Metodologia

O território brasileiro foi dividido em três regiões: **Nordeste - ND** (43.60°W – 34.72°W e 2.8°S – 10.6°S), **Amazônia - AMA** (75.60°W – 49.10°W e 3.5°N – 12°S) e **Bacia da Prata – BP** (36.0S -16.5°S e 64°W – 44.20°W). Para o ciclo anual calculou-se a precipitação média espacial e mensal de cada região. Para caracterizar o regime chuvoso se fez a media temporal dos meses correspondentes à estação chuvosa, **ND**: fevereiro até maio (Kousky, 1984; Marengo et al., 1998); **AMA**: dezembro até abril (Marengo, 1998) e **BP**: novembro até fevereiro (Cavalcanti e Gan, 1992).

Calculou-se o índice de precipitação (I_p) baseado na média climatológica (MC) e o desvio padrão (DP) do período de 1961-1990. Devido à alta variabilidade do I_p aplicou-se uma média corrida (filtro Direct Form II transposed) (Misiti, et al. 1997) à série, de tal forma que apenas se mantivesse os sinais mais importantes e significativos. Para a avaliação estatística do incremento/diminuição das chuvas do ciclo anual para cenários presentes calculou-se o BIAS em

relação aos dados do CRU. Para cenários futuros se utilizou o Skill Score: $SS = \left(\frac{P_m - P_c}{P_m} \right) \times 100\%$,

onde P_m é o valor da precipitação do modelo e P_c é a climatologia base (1961-1990) do respectivo modelo. Um SS positivo (negativo) indica um aumento(diminuição) na quantidade de precipitação.

RESULTADOS

Caracterização do Clima do século XX - *Climate of the 20th Century experiment (20c3m)*

A validação dos dados do CRU com a climatologia observacional do Brasil mostrou um BIAS pequeno (0,0512 mm/dia) o que o faz confiável para ser usado como verdade terrestre neste estudo.

Ciclo Anual

No **ND** (Fig. 1a) o período chuvoso do CRU estendeu-se desde Janeiro até Abril (meses de máxima chuva) e os modelos HAD, GFDL e MIROC seguiram este mesmo comportamento. O CCCMA comportou-se como a climatologia. O BIAS (Tabela 1) indicou que o MIROC e o GFDL superestimaram mais a precipitação do ciclo anual em relação ao CRU. Por outro lado, o modelo que mais subestimou a chuva foi o HAD. Para a **AMA** (Fig. 1b) o ciclo anual do CRU mostrou um período chuvoso de janeiro até maio. Os modelos HAD e CCCMA apresentaram máximos de chuva nos meses correspondentes à climatologia. Por outro lado, o MIROC simulou um período chuvoso extenso (novembro até maio). O GFDL apresentou as máximas chuvas a partir de janeiro. O BIAS foi negativo para todos os modelos, sendo que o CSIRO (HAD) foi o que mais (menos) subestimou a chuva do ciclo anual. Para a **Bacia da Prata** (Fig. 1c) o ciclo anual do CRU caracterizou o período chuvoso desde novembro até fevereiro como encontrado em estudos observacionais. Os modelos do IPCC apresentaram um comportamento similar à exceção do GFDL que iniciou seu período chuvoso em dezembro. O BIAS (Tabela 1) indicou que o GFDL subestimou mais que os outros modelos. O CSIRO apresentou um comportamento anômalo para as três regiões.

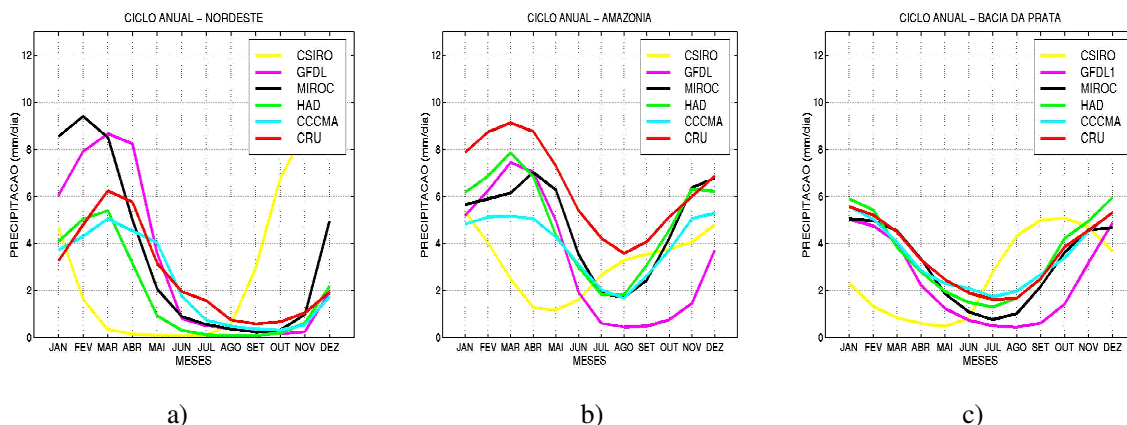


Fig. 1 – Ciclo Anual da chuva para as regiões do Nordeste (a), Amazônia (b) e Bacia da Prata (c) para o experimento *Climate of the 20th Century*.

Tabela 1 – BIAS do ciclo anual dos modelos do experimento *Climate of the 20th Century*

Bias (mm/dia)	Nordeste	Amazônia	Bacia da Prata
CCCMA	-0.3447	-2.4267	-0.0811
CSIRO	0.2114	-3.2526	-0.8732
HAD	-0.7983	-1.5160	-0.0388
MIROC	0.8370	-1.5994	-0.3965
GFDL	0.5856	-3.0680	-1.1170

Caracterização do Clima futuro do século XXI - Experimentos SRES

- Ciclo Anual do experimento SRES-A2: Alta emissão de gases de efeito estufa

O ciclo anual climatológico representado por este experimento mostra diferenças em relação ao experimento *20th Century*, o GFDL (CSIRO) subestima (superestima) mais o ciclo anual (Fig. 2a) sobre a região Nordeste. Em relação aos modelos deste mesmo experimento, o BIAS (Tabela 2)

mostra que o CCSRN (CSIRO) subestima (superestima) mais a chuva do ciclo anual. Para a AMA o experimento anterior subestimou mais as precipitações (Tabela 1). O BIAS mostra que o GFDL (CCSRN) superestima (subestima) mais o ciclo anual da chuva em relação aos outros modelos. Para a região da **BP** o modelo GFDL subestima menos o ciclo anual da chuva em relação ao experimento anterior (ver Tabela 1 e 2). O BIAS mostra para este experimento (Tabela 2) que todos os modelos subestimam a chuva, sendo o CCSRN (HAD) o que mais (menos) o subestima.

Tabela 2 – BIAS dos modelos do experimento SRES-A2

Bias (mm/dia)	Nordeste	Amazônia	Bacia da Prata
CCCMA	1.3177	-1.65	-0.5685
CSIRO	1.9004	-0.8048	-1.2985
HAD	-0.8014	-1.5011	-0.0445
CCSRN	-1.9616	-1.8254	-1.4374
GFDL	-1.0850	0.4576	-0.6994

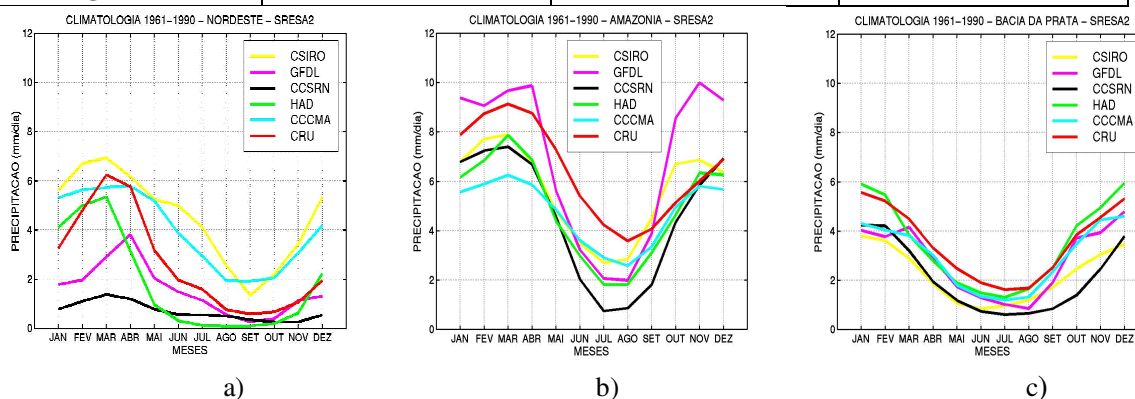


Fig. 2 - Ciclo Anual para o Nordeste (a), Amazônia (b) e Bacia da Prata (c)- Experimento SRES-A2

- Ciclo anual do experimento SRES-B2 → Baixa emissão de gases de efeito estufa

O ciclo anual climatológico deste experimento mostra um comportamento bastante similar ao experimento SRES-A2 para as três regiões (ND, AMA, BP). O cálculo do BIAS em relação ao experimento SRES-A2 mostrou que os modelos CSIRO e CCSRN não apresentaram diferença nenhuma, já nos outros modelos as diferenças foram mínimas.

Cenários Climáticos globais futuros (Século XXI)

A análise foi feita para o período chuvoso e se dividiu a série em três períodos de trinta anos cada (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), com o intuito de observar o aumento/ diminuição gradativa da chuva.

- Experimento SRES-A2

Observa-se na Figura 3 que o GFDL superestima a precipitação nas três regiões, sendo que no Nordeste é mais significativa, o SS indicou um aumento da chuva de 152% acima de seu valor climatológico para o último período (2071-2100). Por outro lado, o HAD diminui as chuvas no

Nordeste em até 64.0 % de seu valor climatológico. Na Amazônia o HAD também diminui a chuva, porém o CCMA também apresenta uma diminuição da chuva abaixo de 12.3 % (2071-2100) de seu valor climatológico. Por outro lado, na Bacia da Prata o HAD superestima a chuva, 17 %

acima da climatologia (2071-2100) e os modelos que subestimam a chuva foram o CCMA e CSIRO. No entanto, o CCMA somente apresentou uma maior diminuição a partir do segundo período com uns SS de 10.4% abaixo da climatologia. A Figura 4 mostra os Ip ao longo dos 100 próximos anos, para as três regiões e confirma o encontrado pelo SS para os modelos do IPCC.

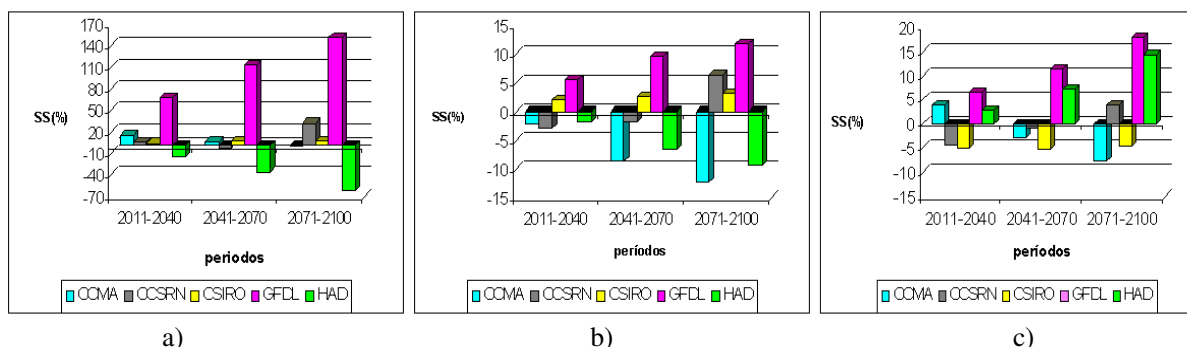


Fig. 3 – Skill para os modelos do experimento SRES-A2: a) Nordeste, b) Amazônia e c) Bacia da Prata.

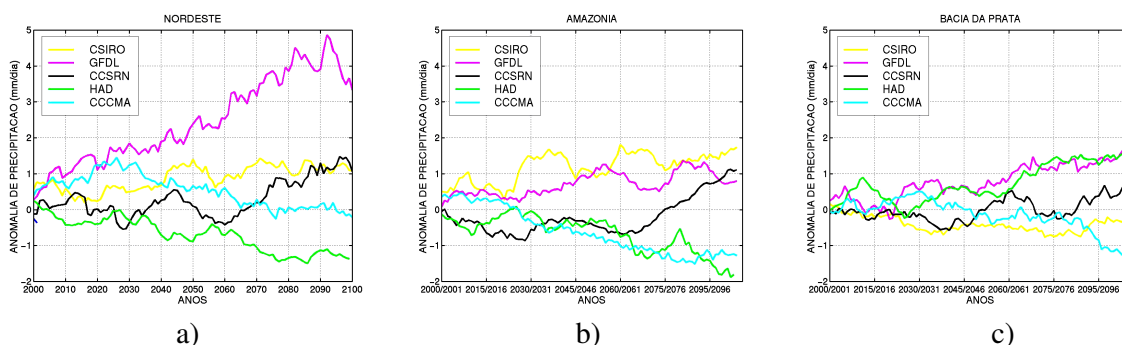


Fig. 4- Índice de precipitação dos modelos (SRES-A2): Nordeste (a), Amazônia (b) e Bacia da Prata (c).

- Experimento SRES-B2

Neste experimento observam-se diferenças em relação ao SRES-A2. O GFDL também superestima a precipitação nas três regiões. Porém, os SS positivo sobre a região Nordeste (72.9 %) não foi tão intenso como o observado para o experimento SRES-A2. Por outro lado, o HAD subestima a precipitação sobre a região Nordeste e na Amazônia o CCMA teve uma diminuição mais acentuada nos dois primeiros períodos e o HAD no ultimo período com uma diminuição da chuva de até 14.5 % de seu valor climatológico. Para a Região da Bacia da Prata o GFDL e o HAD superestimam menos as chuvas quando comparado com o experimento SRESA2 (Fig. 5).

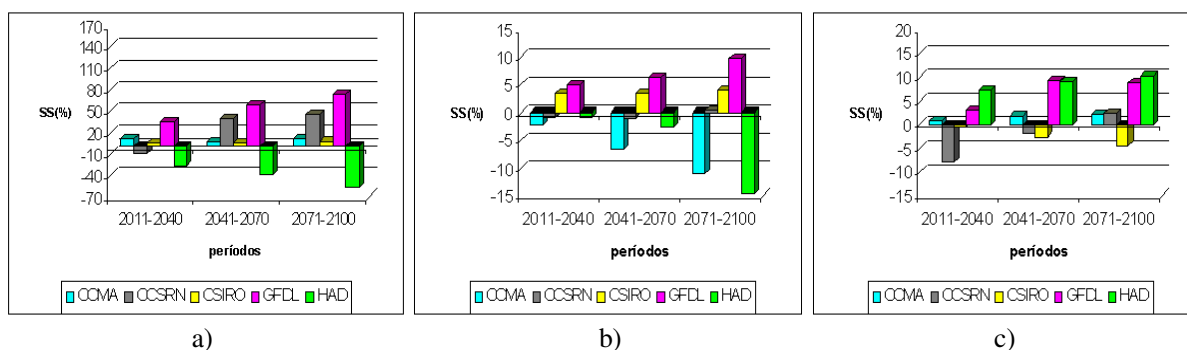


Fig. 5 – Skill para os modelos do experimento SRES-B2: a) Nordeste, b) Amazônia e c) Bacia da Prata.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos do experimento *Climate of the 20th Century* de forma geral conseguiram reconstruir o ciclo anual da chuva a exceção do modelo CSIRO. Neste experimento já era visível a tendência do GFDL (HAD) a superestimar (subestimar) a chuva sobre o Nordeste. Por outro lado, para a Amazônia e Bacia da Prata o HAD foi o modelo que menos subestimou a chuva, ou seja se aproximou mais ao comportamento do CRU. Para o experimento que inclui concentração de aerossóis o ciclo anual é modificado, enquanto o GFDL subestima sobre o ND, o HAD se aproxima mais ao observado. Para a Bacia da Prata os modelos não apresentaram grandes variações, porém tanto o HAD como o GFDL superestimaram a chuva. Os resultados dos cenários futuros (SRES) ao longo dos próximos 100 anos mostraram que embora o GFDL tenha subestimado o ciclo anual climatológico, com o aumento de CO₂, as chuvas aumentariam consideravelmente sobre o Nordeste. Por outro lado, o HAD reduziria a chuva. Os resultados mostraram também que uma baixa concentração de aerossóis tende a diminuir os extremos, já seja para aumento ou diminuição da precipitação. Os outros modelos CCMA, MIROC, CSIRO e CSNIER não mostraram mudanças extremas e quem sabe sejam estes modelos que representem melhor o que pode acontecer no futuro. Se partirmos da premissa que um aumento na concentração de gases estufa pode gerar climas mais secos e redução das chuvas, os modelos que mostram uma diminuição das chuvas ao longo dos 100 próximos anos, tais como o HAD e o CCMA estariam mostrando cenários futuros mais próximos à realidade em comparação aos outros modelos, porém isso também é relativo. Como os modelos analisados são modelos globais (de baixa resolução) torna-se necessário fazer experimentos de *downscaling* dinâmico com modelos de alta resolução de forma a poder refinar os resultados e ter cenários mais reais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cavalcanti, I.F.A. e Gan, M.A., 1992: Anomalous precipitation in Southern Brazil and ENSO events. Apresentado no Workshop sobre o fenômeno ENOS e a variabilidade climática nas escalas sazonal a interanual: Impactos socioeconômicos, previsão e aplicações ao processo de tomada de decisão. Florianópolis.
- Kousky, V. E. ; Kayano, M. T. ; Cavalcanti, I. F. A. , 1984: A review of the southern oscillation oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36 A: 490-504.
- Hulme, M. (1992). A 1951-80 global land precipitation climatology for the evaluation of general circulation models *climate dynamics*, 7, 57-72
- Marengo, J. A.; Tomasella J, Uvo CR, 1998: Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru. *Journal Of Geophysical Research- Atmospheres*, 103: (D2) 1775-1783.
- Misiti, M., Y. Misiti, G. Oppenheim and J. Poggi, 1997: *MATLAB, wavelet toolbox: user's guide*. Natick, MA . The Math Works, Inc. 24 Prime Park Way, 01760-1500, USA.
- SRES, 1999: special Report on emission scenarios – open process <http://sres.ciesin.org/index.html>.